

Série n° 6 – 27 mars 2025

Matériaux, énergie, recyclage et ordres de grandeur

Exercice 1

Répondez par vrai ou faux aux questions suivantes :

	Vrai	Faux
a. Les métaux sont de bons conducteurs de l'électricité, mais ils sont très fragiles et cassent avant de se déformer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Les céramiques sont des matériaux inorganiques qui sont dans l'ensemble de mauvais conducteurs de l'électricité.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Il est plus coûteux en énergie de recycler l'aluminium plutôt que de l'extraire de son oxyde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. La silice (SiO_2) est le matériau de base des fibres optiques car elle absorbe très peu la lumière dans une certaine gamme de fréquence, et peut être mise en forme de fibre de façon industrielle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. La classe des matériaux organiques comprend aussi bien des matériaux synthétiques que naturels.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Le kWh est une unité de puissance.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. L'or étant un métal très dense (environ $20\,000 \text{ kg/m}^3$), un lingot d'or de 1 kg occupe un volume de 0.5 litre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. La peau est un matériau organique alors que l'émail des dents est une céramique, qu'un implant dentaire est un alliage métallique et que le matériau pour combler le vide dû à une carie est un composite polymère-céramique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Le diamant et le graphite sont tous deux composés de carbone.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. Contrairement au graphite, le diamant ne brûle pas, même porté à haute température ($> 1400^\circ\text{C}$).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exercice 2 : La force électromotrice d'une pile

Une pile est formée par des couples redox (Ni^{2+}/Ni) et (Li^+/Li).

- Dessiner un schéma de la disposition pour cette pile indiquant l'anode et la cathode, où se produit quelle demi-réaction et dans quelle direction se déplacent les électrons.
- Quelle est la f.é.m. de cette pile si les concentrations de Li^+ et Ni^{2+} sont égales respectivement à 0.1 M et 10^{-9} M, à 25°C ?

Exercice 3 : Consommation énergétique et énergie solaire

En 2014, la consommation d'énergie par habitant de la Terre était de 1906 kg équivalent pétrole (EP), toutes formes d'énergie confondues. Aux Etats-Unis, la moyenne est de 6'960 kg

EP alors qu'en Inde, elle n'était que de 631 kg EP. Sachant que l'équivalent électrique de 1 kg EP est 11.6 kWh :

- Quel est l'équivalent énergétique de 1 kg EP en Joules.
- Quelle est la puissance en Watt consommée en permanence tout au long de l'année 2014 par un Américain moyen ? Et par un Indien moyen ?
- Afin de diminuer l'impact humain sur l'environnement, pourquoi les pays occidentaux parlent-ils de vouloir atteindre une société à 2000 Watt ?
- Une société à 2000 Watt dans tous les pays développés aurait-elle un effet sur l'environnement si, dans le même temps, les pays en voie de développement rejoignaient notre niveau de vie ?
- Sachant que le désert du Sahara a une superficie de 8.5 millions de km² et que le rayonnement solaire moyen à cette latitude est environ 600 W/m² (en tenant compte des nuits), couvrir le Sahara de panneaux solaires, dont le rendement pratique est environ 10%, suffirait-il pour satisfaire les besoins énergétiques de l'humanité (environ 8 milliards d'êtres humains), toutes formes d'énergie confondues ?

Exercice 4: Quelques faits sur les déchets plastiques

Les déchets plastiques constituent un problème croissant pour l'environnement. Ils sont constitués en majeure partie de polymères synthétiques fabriqués par des procédés de pétrochimie (à opposer aux polymères naturels tels la lignine (le bois)). Ils sont très résistants à la dégradation, ce qui est utile pour certaines applications, mais qui pose un problème conséquent pour les déchets sur terre ou en mer.

L'hydrolyse du poly(éthylène téréphtalate) (PET), c'est à dire sa décomposition par des molécules d'eau (H₂O), s'effectue selon la loi suivante reliant le temps de dégradation t_d d'une couche mince de 250 μm immergée dans de l'eau à température T :

$$t_d = A \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right)$$

A et E_a étant des constantes indépendantes du temps et de la température, k est la constante de Boltzmann ($k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K), et T la température (en Kelvin, K).

- Quelles sont les dimensions des constantes A et E_a ?
- (Indice : l'argument d'une fonction exponentielle est sans dimension).
- Des chercheurs ont mesuré un temps de dégradation de 54 jours à 85°C, et de 20 jours à 95°C. Calculer les constantes A et E_a .
- En déduire un temps de dégradation par hydrolyse minimum pour une bouteille de PET, dont les parois font 250 μm, jetée dans l'océan (température moyenne de 25°C en surface).
- Certains déchets dont le PET se dégradent en fait de façon bien plus rapide, de l'ordre de l'année. A votre avis, quels sont les mécanismes ou source d'énergie qui pourraient contribuer à accélérer cette dégradation ?